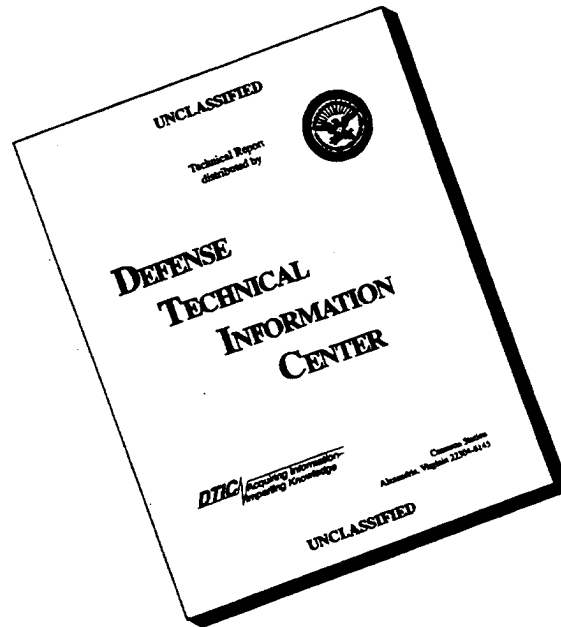


DISTRIBUTION STATEMENT A  
Approved for public release  
Distribution Unlimited

19960611 077

TNO

# DISCLAIMER NOTICE



**THIS DOCUMENT IS BEST  
QUALITY AVAILABLE. THE  
COPY FURNISHED TO DTIC  
CONTAINED A SIGNIFICANT  
NUMBER OF PAGES WHICH DO  
NOT REPRODUCE LEGIBLY.**

TNO-rapport  
TNO-TM 1995 B-17

titel  
**Gemeenschappelijke mentale modellen  
en teambesluitvorming**

TNO Technische Menskunde

Kampweg 5  
Postbus 23  
3769 ZG Soesterberg

Telefoon 0346 35 62 11  
Fax 0346 35 39 77

auteurs  
**J.M.C. Schraagen  
P.C. Rasker**

datum  
22 december 1995

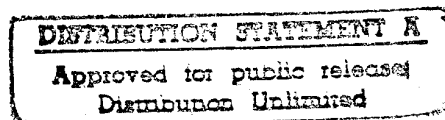
DTIC QUALITY INSPECTED 2

Alle rechten voorbehouden.  
Niets uit deze uitgave mag worden  
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt  
door middel van druk, fotokopie, microfilm  
of op welke andere wijze dan ook, zonder  
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd  
uitgebracht, wordt voor de rechten en  
verplichtingen van opdrachtgever en  
opdrachtnemer verwezen naar de  
Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-  
opdrachten aan TNO, dan wel de  
betreffende terzake tussen partijen  
gesloten overeenkomst.  
Het ter inzage geven van het TNO-rapport  
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

aantal pagina's : 40 (incl. bijlagen,  
excl. distributielijst)

© 1995 TNO



## REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD 9.-..	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER TNO-TM 1995 B-17
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 787.2	5. CONTRACT NUMBER B94-011	6. REPORT DATE 22 December 1995
7. NUMBER OF PAGES 40	8. NUMBER OF REFERENCES 21	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE  Gemeenschappelijke mentale modellen en teambesluitvorming (Shared mental models and team decision making)		
11. AUTHOR(S)  J.M.C. Schraagen and P.C. Rasker		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES)  TNO Human Factors Research Institute Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES)  TNO Defence Research Schoemakerstraat 97 2628 VK Delft		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTE)  The goal of the experiment described in this report was to assess possible effects of the possession of a shared mental model on team decision making. Cross-training in each other's tasks was chosen in the experiment as the means to induce a shared mental model. The effects of cross-training were studied in a two-person team task. In this task, one of the team members acted as observer who had to detect and report fires in a city to the other team member who acted as decision maker by sending fire engines to the fires. Team members communicated via standard computer messages. Dependent variables were performance measures (number of victims, efficiency of allocated resources) and communication measures (number and type of messages sent). The results showed some effects of cross-training but not the predicted effect of sending more unrequested information to the other team member. This was probably due to the observer being not dependent enough of the decision maker for performing his task. Some suggestions are made to improve the paradigm and obtain more mutual dependence with the team members.		
16. DESCRIPTORS  Command & Control Decision Making		IDENTIFIERS  Communication Mental Models Teams
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT  Unlimited availability		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)

titel : Gemeenschappelijke mentale modellen en teambesluitvorming  
auteurs : Dr. J.M.C. Schraagen en P.C. Rasker  
datum : 22 december 1995  
opdrachtnr. : B94-011  
IWP-nr. : 787.2  
rapportnr. : TNO-TM 1995 B-17

Teams spelen een belangrijke rol in de hedendaagse maatschappij. Onder een team wordt verstaan: twee of meer individuen met specialistische kennis en eigen (sub)taken die van elkaars informatie afhankelijk zijn en die gezamenlijk werken aan hetzelfde doel. Vooral in dynamische omgevingen waarin onder tijdsdruk veel informatie moet worden uitgewisseld tussen teamleden, is het van belang dat teamleden van elkaars taken en informatiebehoefte op de hoogte zijn. Een goed verlopende communicatie tussen teamleden is essentieel om tot een goede teamprestatie te komen. Omgekeerd kan in kritische situaties een niet goed verlopende communicatie tot calamiteiten leiden. Het op de hoogte zijn van elkaars taken en informatiebehoefte wordt verondersteld een positief effect te hebben op de communicatie tussen teamleden, omdat teamleden dan snel en ongevraagd de juiste informatie aan elkaar geven. Als goed op elkaar ingespeelde teamleden op elkaars informatiebehoefte anticiperen spreekt men van het hebben van een "gemeenschappelijk mentaal model" bij de teamleden.

Hoewel het begrip "gemeenschappelijk mentaal model" al enige tijd circuleert in de literatuur, is er nog weinig experimenteel onderzoek verricht naar de effecten van het hebben van een gemeenschappelijk mentaal model. In het in dit rapport beschreven experiment wordt gebruik gemaakt van een paradigma voor teambesluitvorming waarmee gemeenschappelijke mentale modellen experimenteel kunnen worden gemanipuleerd en de effecten ervan objectief kunnen worden gemeten. De taak wordt uitgevoerd door twee teamleden die van elkaars informatie afhankelijk zijn. Een gemeenschappelijk mentaal model is aangebracht door de experimentele groep in elkaars taken te laten trainen ("cross-training"). De controlegroep kreeg alleen informatie op papier over de taak van het teamlid. De taak bestond uit het bestrijden van zo veel mogelijk calamiteiten (branden) door middel van een tijdige en voldoende inzet van resources (brandweer-auto's). Het ene teamlid (de "waarnemer") had als taak de branden te detecteren en ontwikkelingen in de branden door te geven aan het andere teamlid (de "beslisser") dat als taak had brandweer-auto's in te zetten. Teamleden communiceerden via standaard computerberichten. Calamiteiten waren in de vorm van scenario's vastgelegd. Er waren gemakkelijke en moeilijke scenario's gedefinieerd.

De resultaten lieten zien dat cross-training bij de waarnemers leidde tot het sneller beantwoorden van vragen van hun teamgenoot en dat de in de taak van de teamgenoot getrainde waarnemers meer vragen beantwoordden in de moeilijke dan in de gemakkelijke scenario's. Echter, de aard van de verstuurde informatie verschilde niet als functie van cross-training. Cross-training bij de beslissers leidde daarentegen wel tot een marginaal significante verandering in de aard van de verstuurde informatie: beslissers die in de taak van waarnemer waren getraind gaven vaker aan hun teamgenoot door hoeveel middelen zij ergens hadden ingezet dan beslissers die niet in de taak van de waarnemer waren getraind. Er waren geen effecten van cross-training op de prestatie-maten (aantallen slachtoffers, efficiëntie van ingezette middelen), noch op de overige communicatiematen. In het bijzonder werd, tegen de verwachting in, door geen van beide teamleden in de experimentele groep ongevraagd meer informatie aan de ander verstrekt dan in de controlegroep. De reden hiervoor is waarschijnlijk gelegen in het feit dat de waarnemer te weinig afhankelijk was van de beslisser. Enkele suggesties worden gedaan om het onderzoeksparadigma te verbeteren.

titel : Gemeenschappelijke mentale modellen en teambesluitvorming  
auteurs : Dr. J.M.C. Schraagen en P.C. Rasker  
datum : 22 december 1995  
opdrachtnr. : B94-011  
IWP-nr. : 787.2  
rapportnr. : TNO-TM 1995 B-17

Teams spelen een belangrijke rol in de hedendaagse maatschappij. Onder een team wordt verstaan: twee of meer individuen met specialistische kennis en eigen (sub)taken die van elkaars informatie afhankelijk zijn en die gezamenlijk werken aan hetzelfde doel. Vooral in dynamische omgevingen waarin onder tijdsdruk veel informatie moet worden uitgewisseld tussen teamleden, is het van belang dat teamleden van elkaars taken en informatiebehoefte op de hoogte zijn. Een goed verlopende communicatie tussen teamleden is essentieel om tot een goede teamprestatie te komen. Omgekeerd kan in kritische situaties een niet goed verlopende communicatie tot calamiteiten leiden. Het op de hoogte zijn van elkaars taken en informatiebehoefte wordt verondersteld een positief effect te hebben op de communicatie tussen teamleden, omdat teamleden dan snel en ongevraagd de juiste informatie aan elkaar geven. Als goed op elkaar ingespeelde teamleden op elkaars informatiebehoefte anticiperen spreekt men van het hebben van een "gemeenschappelijk mentaal model" bij de teamleden.

Hoewel het begrip "gemeenschappelijk mentaal model" al enige tijd circuleert in de literatuur, is er nog weinig experimenteel onderzoek verricht naar de effecten van het hebben van een gemeenschappelijk mentaal model. In het in dit rapport beschreven experiment wordt gebruik gemaakt van een paradigma voor teambesluitvorming waarmee gemeenschappelijke mentale modellen experimenteel kunnen worden gemanipuleerd en de effecten ervan objectief kunnen worden gemeten. De taak wordt uitgevoerd door twee teamleden die van elkaars informatie afhankelijk zijn. Een gemeenschappelijk mentaal model is aangebracht door de experimentele groep in elkaars taken te laten trainen ("cross-training"). De controlegroep kreeg alleen informatie op papier over de taak van het teamlid. De taak bestond uit het bestrijden van zo veel mogelijk calamiteiten (branden) door middel van een tijdige en voldoende inzet van resources (brandweer-auto's). Het ene teamlid (de "waarnemer") had als taak de branden te detecteren en ontwikkelingen in de branden door te geven aan het andere teamlid (de "beslisser") dat als taak had brandweer-auto's in te zetten. Teamleden communiceerden via standaard computerberichten. Calamiteiten waren in de vorm van scenario's vastgelegd. Er waren gemakkelijke en moeilijke scenario's gedefinieerd.

De resultaten lieten zien dat cross-training bij de waarnemers leidde tot het sneller beantwoorden van vragen van hun teamgenoot en dat de in de taak van de teamgenoot getrainde waarnemers meer vragen beantwoordden in de moeilijke dan in de gemakkelijke scenario's. Echter, de aard van de verstuurde informatie verschilde niet als functie van cross-training. Cross-training bij de beslissers leidde daarentegen wel tot een marginaal significante verandering in de aard van de verstuurde informatie: beslissers die in de taak van waarnemer waren getraind gaven vaker aan hun teamgenoot door hoeveel middelen zij ergens hadden ingezet dan beslissers die niet in de taak van de waarnemer waren getraind. Er waren geen effecten van cross-training op de prestatie-maten (aantallen slachtoffers, efficiëntie van ingezette middelen), noch op de overige communicatiematen. In het bijzonder werd, tegen de verwachting in, door geen van beide teamleden in de experimentele groep ongevraagd meer informatie aan de ander verstrekt dan in de controlegroep. De reden hiervoor is waarschijnlijk gelegen in het feit dat de waarnemer te weinig afhankelijk was van de beslisser. Enkele suggesties worden gedaan om het onderzoeksparadigma te verbeteren.

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	5
SUMMARY	6
1 INLEIDING	7
1.1 Achtergrond	7
1.2 Vorig onderzoek	9
1.3 Onderzoeksparadigma	10
2 METHODE	11
2.1 Proefpersonen	11
2.2 Taak	12
2.3 Procedure	13
2.4 Design	14
2.5 Afhankelijke variabelen	15
3 RESULTATEN	15
4 DISCUSSIE	19
REFERENTIES	23
BIJLAGE A      Beschrijving brandweertaak	25
BIJLAGE B      Overzicht State Transition Diagrams	35
BIJLAGE C      Toetsen oplossing	38

Rapport nr.: TNO-TM 1995 B-17  
Titel: Gemeenschappelijke mentale modellen en teambesluitvorming  
Auteurs: Dr. J.M.C. Schraagen en P.C. Rasker  
Instituut: TNO Technische Menskunde  
Afd: Informatieverwerking  
Datum: december 1995  
DO Opdrachtnummer: B94-011  
Nummer in MLTP: 788.2

---

## SAMENVATTING

Het doel van het in dit rapport beschreven experiment was het vaststellen van mogelijke effecten van het hebben van een "gemeenschappelijk mentaal model" op teambesluitvorming. In het experiment is gekozen voor het trainen in elkaars taken als middel om een gemeenschappelijk mentaal model te bewerkstelligen. De effecten van deze training werden bestudeerd in een teamtaak voor twee personen. In deze taak fungeerde het ene teamlid als waarnemer die branden in een stad moest detecteren en doorgeven aan het andere teamlid dat als beslisser fungeerde en brandweerauto's naar de branden moest sturen. Teamleden communiceerden via standaard computerberichten. Als afhankelijke variabelen werden prestatiematen (aantal slachtoffers; efficiëntie van ingezette middelen) en communicatiematen (aantal en soort verstuurd berichten) vastgelegd.

De resultaten lieten enkele effecten van training in elkaars taken zien, maar niet het voorspelde effect van het vaker ongevraagd informatie verstrekken aan het andere teamlid. De reden hiervoor is waarschijnlijk gelegen in het feit dat de waarnemer te weinig afhankelijk was van de beslisser bij het uitvoeren van zijn taak. Enkele suggesties worden gedaan om het paradigma te verbeteren en meer onderlinge afhankelijkheid bij teamleden te bewerkstelligen.



## **Shared mental models and team decision making**

J.M.C. Schraagen and P.C. Rasker

### **SUMMARY**

The goal of the experiment described in this report was to assess possible effects of the possession of a shared mental model on team decision making. Cross-training in each other's tasks was chosen in the experiment as the means to induce a shared mental model. The effects of cross-training were studied in a two-person team task. In this task, one of the team members acted as observer who had to detect and report fires in a city to the other team member who acted as decision maker by sending fire engines to the fires. Team members communicated via standard computer messages. Dependent variables were performance measures (number of victims, efficiency of allocated resources) and communication measures (number and type of messages sent).

The results showed some effects of cross-training but not the predicted effect of sending more unrequested information to the other team member. This was probably due to the observer being not dependent enough of the decision maker for performing his task. Some suggestions are made to improve the paradigm and obtain more mutual dependence with the team members.

## 1 INLEIDING

### 1.1 Achtergrond

In de hedendaagse maatschappij worden veel werkzaamheden uitgevoerd door teams die moeten werken onder complexe omstandigheden. Bij ondermeer cockpitbemanningen, operatieteams, brandweerteamen en militaire teams is er sprake van werken in teamverband waarin misschien meer dan in andere situaties het disfunctioneren van één teamlid of miscommunicatie binnen het team kan leiden tot desastreuze gevolgen. Dikwijls bestaan dergelijke teams uit mensen met verschillende achtergrond en specialistische kennis. Deze kennis moet op de een of andere wijze worden uitgewisseld of geïntegreerd om belangrijke besluiten te kunnen nemen. Daarnaast werken deze teams ook vaak in omstandigheden die worden gekarakteriseerd door tijdsdruk, veeleisende werkzaamheden, ondoorzichtige informatie en voortdurende verandering (Orasanu & Salas, 1993).

Onder een team wordt verstaan: twee of meer individuen met specialistische kennis en eigen (sub)taken die van elkaars informatie afhankelijk zijn en die gezamenlijk werken aan hetzelfde doel (Cannon-Bowers, Salas & Converse, 1993; Duffy, 1993; Dyer, 1984; Orasanu & Salas, 1993; Salas, Bowers & Cannon-Bowers, 1995). Bij een team is vaak sprake van een nauwkeurig gespecificeerd doel en nauw omschreven taken die gezamenlijk moeten worden uitgevoerd (Cannon-Bowers e.a., 1993; Duffy, 1993; Orasanu & Salas, 1993; Weaver, Bowers, Salas & Cannon-Bowers, 1995).

Vaak moeten teams opereren in dynamische of complexe situaties die worden gekarakteriseerd door verandering. Veranderingen in dynamische situaties worden gekenmerkt door een snelle opeenvolging van verschillende vaak onverwachte omstandigheden die zich binnen een kort tijdsbestek voordoen (Klein, 1993; Rouse, Cannon-Bowers & Salas, 1992). Door de snel veranderende omstandigheden moeten de eisen die aan de uitvoering van een taak worden gesteld van het ene op het andere moment worden bijgesteld (Orasanu & Connolly, 1993). Hoewel het doel van de taak vaak hetzelfde blijft, kan de taakinhoud om het doel te bereiken sterk wijzigen.

Er wordt al reeds enige tijd onderzoek gedaan naar hoe teams (in dynamische situaties) functioneren (Cannon-Bowers e.a., 1993; Dyer, 1984; Salas e.a., 1995). Desondanks zijn er nog steeds veel vragen onbeantwoord gebleven over hoe teams functioneren (Cannon-Bowers e.a., 1993). Recentelijk is een aantal auteurs met de suggestie gekomen dat de prestatie en besluitvorming van een team verklaard zou moeten worden in termen van "gemeenschappelijke mentale modellen" (Cannon-Bowers e.a., 1993; Converse, Cannon-Bowers & Salas, 1991; Coury & Terranova, 1991; Orasanu, 1993; Orasanu & Salas, 1993; Rouse e.a., 1992; Salas e.a., 1995; Stout & Salas, 1993).

Het begrip gemeenschappelijk mentaal model kan worden gedefinieerd als georganiseerde eenheden van kennis die onderling worden gedeeld door leden van een team (Orasanu & Salas, 1993). Gemeenschappelijke mentale modellen tussen teamleden geven een algemeen begrip wie verantwoordelijk is voor welke taak en wat de informatiebehoefte is. Dit gemeenschappelijk begrip maakt het teamleden mogelijk om andermans behoeften te

voorspellen en daarop te anticiperen. Bovendien ontwikkelen teamleden aan de hand van een gemeenschappelijk mentaal model dezelfde definitie van de situatie en eventuele problemen die zich voordoen. Op grond hiervan kan een team als geheel een besluit nemen. Met name in complexe situaties kan een gemeenschappelijk mentaal model leiden tot een verbeterde teamprestatie. De reden hiervoor is gelegen in het feit dat in complexe situaties weinig tijd is voor expliciete coördinatie en communicatie. In die situaties vindt coördinatie impliciet plaats door het ongevraagd verstrekken van informatie aan andere teamleden (Serfaty & Entin, 1995; Serfaty, Entin & Volpe, 1993). Gemeenschappelijke mentale modellen stellen een team in staat adaptief te reageren op de veranderingen in de omgeving. Op twee gebieden komt dat tot uiting:

- 1 *Coördinatie*. De handelingen en activiteiten van de teamleden worden onderling beter gecoördineerd. Dankzij het gemeenschappelijk mentaal model dat teamleden hebben ontwikkeld zijn zij beter in staat rekening met elkaar te houden en op elkaar in te spelen. Teamleden hebben heldere en exacte verwachtingen van wat teamgenoten zullen gaan uitvoeren. Bovendien kunnen teamleden een goede verklaring geven voor elkaars gedragingen. Efficiënte coördinatie kan zich uiten op de volgende manieren: teamleden vangen elkaar op door in drukke tijden elkaars taken over te nemen; verkeerde handelingen worden door teamgenoten snel opgemerkt en hersteld; er worden alleen opdrachten gegeven die op dat moment de grootste prioriteit hebben.
- 2 *Communicatie*. Het ontwikkelen van een gemeenschappelijk mentaal model onder teamleden maakt het mogelijk dat teamleden kunnen anticiperen op elkaars informatiebehoefte. Zij weten welke informatie zij elkaar moeten geven en zij weten welke informatie ze van elkaar kunnen verwachten. Gemeenschappelijke mentale modellen vormen de basis om de juiste interpretatie te geven aan taakgerichte boodschappen. Efficiënte communicatie kan zich uiten op de volgende manieren: taakgerichte communicatie; het achterwege laten van overbodige of niet-relevante informatie; het elkaar op de hoogte houden van de stand van zaken; het ongevraagd geven van essentiële informatie.

Uit onderzoek is naar voren gekomen dat "cross-training" een effectieve methode kan zijn om teamleden te voorzien van het inzicht in elkaars informatiebehoefte (Cannon-Bowers e.a., 1993; Salas e.a., 1995; Volpe, Cannon-Bowers, Salas & Spector, in druk). Cross-training houdt in dat teamleden worden getraind op zowel hun eigen als op elkaars taken. Het voordeel daarvan is dat teamleden ervaring opdoen en bekend raken met de individuele taken van hun teamgenoten. Verondersteld wordt nu dat door middel van cross-training een gemeenschappelijk mentaal model wordt bewerkstelligd bij de teamleden. Op grond hiervan kan worden verwacht dat teamleden hun activiteiten beter coördineren, de communicatie vlotter verloopt en de teamprestatie beter is dan wanneer ze geen cross-training hebben ondergaan en dus geen gemeenschappelijk mentaal model hebben ontwikkeld. Vooral met betrekking tot de communicatie kan worden verwacht dat teamleden (die een cross-training hebben ondergaan) sneller ongevraagd informatie aan elkaar zullen verstrekken.

Wanneer uit het huidige onderzoek zou blijken dat gemeenschappelijke mentale modellen daadwerkelijk een belangrijke rol spelen bij teambesluitvorming is het interessant te bestuderen hoe deze modellen het beste ondersteund worden. Men kan hierbij denken aan technieken die de communicatie bevorderen. Voorbeelden zijn het gebruik van gemeenschappelijke vensters op het computerscherm (Bannon, 1986), "shared workspaces" (Whittaker,

Geelhoed & Robinson, 1993), "large screen displays" en video (Fussell & Benimoff, 1995). Andere mogelijke implicaties van gemeenschappelijke mentale modellen kunnen zich voordoen op het gebied van training. Naast cross-training kan men wellicht teamleden trainen in communicatievaardigheden die de ontwikkeling van gemeenschappelijke mentale modellen ondersteunen (Orasanu & Salas, 1993). Teamleden kunnen bijvoorbeeld getraind worden in het ongevraagd geven van essentiële informatie, het definiëren van problemen, het maken van planningen, het vragen om opheldering en het geven van feedback.

## 1.2 Vorig onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om een experimentele onderbouwing te vinden voor het begrip gemeenschappelijk mentaal model. Daarbij staat de volgende onderzoeksvraag centraal:

"Spelen gemeenschappelijke mentale modellen een belangrijke rol in teambesluitvorming in dynamische situaties, en zo ja, hoe kunnen deze modellen dan het beste ondersteund worden?"

Vooralsnog is er weinig onderzoek beschikbaar dat de hypothese dat gemeenschappelijke mentale modellen de prestatie van teams verbeteren direct heeft getoetst (Cannon-Bowers e.a., 1993; Salas e.a., 1995). Recentelijk hebben Volpe e.a. (in druk) een experiment uitgevoerd dat het effect van cross-training op de prestatie van een team onderzocht. Zij komen tot de conclusie dat de resultaten van dit onderzoek aantonen dat cross-training kan leiden tot een verbeterde teamprestatie. Desondanks moet deze conclusie met de nodige voorzichtigheid tegemoet worden getreden. De reden daartoe is dat de gebruikte taak een individuele computertaak is die voor dit experiment is onderverdeeld in twee functies. De vraag is of hier wel sprake is van een teamtaak. Beide functies konden gemakkelijk door één persoon worden uitgevoerd. Bovendien waren de teamleden die geen cross-training hadden gekregen alleen geïnstrueerd en getraind in hun eigen taak terwijl de teamleden die wel cross-training hadden gekregen zijn geïnstrueerd en getraind in zowel hun eigen taak als in de taak van de teamgenoot. Dat betekent dus dat de teamleden die geen cross-training hadden gekregen alleen op de hoogte waren van hun eigen taak en niet die van de teamgenoot. Dit is op zijn minst een hoogst ongebruikelijke situatie in de praktijk, waar teamleden in ieder geval globaal van elkaars taken op de hoogte zijn.

In een onderzoek hebben Serfaty e.a. (1993) aanwijzingen gevonden dat teams afhankelijk van de tijdsdruk hun activiteiten expliciet dan wel impliciet coördineren. Zij hebben aangetoond dat teamleden die een taak onder lage tijdsdruk moesten uitvoeren hun activiteiten expliciet coördineren (door uitdrukkelijk te overleggen en slechts informatie te verstrekken indien daar om is gevraagd). Teamleden die een taak onder hoge tijdsdruk moesten uitvoeren coördineren hun activiteiten impliciet (door te anticiperen op elkaars informatiebehoefte en ongevraagd informatie te geven). De mate waarin teams expliciet dan wel impliciet coördineren is vastgesteld aan de hand van de ratio tussen de hoeveelheid gegeven informatie en de hoeveelheid gevraagde informatie. Deze "anticipatie" ratio is een maat in hoeverre teamleden elkaar vrijwillig en ongevraagd informatie geven. Hoe hoger de ratio, hoe meer teamleden op elkaars informatiebehoefte anticiperen. Het probleem is echter dat de ratio ook hoger wordt wanneer dezelfde hoeveelheid informatie wordt geleverd en

minder vragen worden gesteld. De resultaten van Serfaty e.a. (1993) zijn dus niet eenduidig te interpreteren.

Een aantal onderzoekers hebben bewijs gevonden voor de constatering dat teamleden in effectieve teams (in vergelijking met ineffectieve teams) elkaar ongevraagd essentiële informatie geven die noodzakelijk is voor de uitvoering van een taak (Cannon-Bowers e.a., 1993; Hollenbeck, Ilgen, Sego, Hedlund, Major & Phillips, 1995; Orasanu & Connolly, 1993; Orasanu & Salas, 1993; Stout & Salas, 1993). Hollenbeck e.a. (1995) hebben dit fenomeen in hun onderzoek nauwkeurig bekeken. Hun bevindingen komen erop neer dat de hoeveelheid communicatie tussen teamleden niet verschilt, maar dat de aard van de communicatie verschilt. Dat houdt in dat teamleden in matig presterende teams voortdurend hun teamgenoten om informatie moeten vragen. Dit in tegenstelling tot goed presterende teams waar teamleden elkaar ongevraagd essentiële informatie geven. Als verklaring voor dit fenomeen wordt gegeven dat teamleden een gemeenschappelijk mentaal model hebben ontwikkeld op basis waarvan men kan anticiperen op elkaars informatiebehoefte. Directe evidentie wordt door dit onderzoek niet gegeven vanwege het correlatieve karakter ervan.

### 1.3 Onderzoeksparadigma

Om het effect van gemeenschappelijke mentale modellen op de prestatie van een team te kunnen onderzoeken is een onderzoeksparadigma gerealiseerd waarmee gemeenschappelijke mentale modellen kunnen worden gemanipuleerd en de effecten ervan objectief kunnen worden gemeten.

In het huidige onderzoek wordt het gemeenschappelijk mentaal model gemanipuleerd door middel van cross-training. Een mogelijk probleem van cross-training is dat de groep die deze vorm van training krijgt meer oefening in de taak krijgt dan de groep die deze vorm van training niet krijgt. Een eventueel positief effect van cross training zou dan niet toegeschreven kunnen worden aan het hebben van een gemeenschappelijk mentaal model maar aan het meer geoefend zijn van het team dat cross-training heeft gehad. In dit paradigma is daar rekening mee gehouden door de teamleden van beide groepen evenveel en identieke informatie te geven over elkaars taken. In één groep kunnen de teamleden echter ook daadwerkelijk elkaars taken oefenen (cross-training). Om te controleren of de teamleden dankzij de cross-training geen voorsprong hebben opgebouwd wordt ieder teamlid direct na de training individueel getest.

Verondersteld wordt dat het hebben van een gemeenschappelijk mentaal model de teamprestatie met name verbetert wanneer het team moet opereren onder complexe omstandigheden. In het huidige paradigma wordt de complexiteit ook gemanipuleerd. De verwachting is dat de prestatie van teams waarbij (door cross-training) een gemeenschappelijk mentaal model is bewerkstelligd vooral onder complexe omstandigheden toeneemt. Dit in tegenstelling tot teams waarbij geen gemeenschappelijk mentaal model is bewerkstelligd.

Voor dit onderzoek is een "echte" teamtaak ontwikkeld. Dat wil zeggen dat de taak niet door één individu kan worden gedaan en gecoördineerde interactie tussen teamleden vergt.

Bovendien zijn de teamleden van elkaar afhankelijk om de taak te kunnen uitvoeren. In dit onderzoeksparadigma is gekozen voor teams bestaande uit twee teamleden. De reden daarvoor is dat men dan een grotere mate van experimentele controle kan bereiken dan wanneer men kiest voor teams met meer dan twee teamleden. Ook is het eenvoudiger om een teamtaak te ontwikkelen voor twee dan voor meerdere teamleden. Verondersteld wordt dat de belangrijkste effecten van gemeenschappelijke mentale modellen op de prestatie van een team bestaande uit twee individuen generaliseerbaar zijn naar teams bestaande uit meer dan twee individuen.

De prestatie van het team kan in dit onderzoek objectief worden gemeten. Daarnaast wordt er gekeken naar de communicatie die tussen teamleden plaatsvindt. Omdat communicatie een te algemeen begrip is om als maat te kunnen dienen is deze verder gespecificeerd. De communicatie is onderverdeeld in: het stellen van taakgerichte vragen, het geven van antwoorden en het ongevraagd informatie verstrekken. Met betrekking tot de informatie die de teamleden kunnen uitwisselen wordt een onderscheid gemaakt tussen essentiële en niet-essentiële informatie. Essentiële informatie is die informatie die noodzakelijk is om een goede taakprestatie te behalen. Bovendien wordt gemeten hoeveel tijd teamleden nodig hebben om essentiële informatie te verstrekken en hoeveel tijd teamleden nodig hebben om een vraag te beantwoorden. De verwachting is dat teams waarbij (door cross-training) een gemeenschappelijk mentaal model is bewerkstelligd de teamleden elkaar meer ongevraagd informatie geven, sneller essentiële informatie geven, minder niet-essentiële informatie geven en sneller antwoord geven op vragen dan teams waar geen gemeenschappelijk mentaal model is bewerkstelligd.

## 2 METHODE

### 2.1 Proefpersonen

Aan het experiment hebben 44 proefpersonen (25 mannen en 19 vrouwen) deelgenomen verdeeld over 22 teams van 2 proefpersonen. Alle proefpersonen waren ten tijde van de uitvoering van het experiment student aan de Universiteit van Utrecht. Voor hun deelname aan het experiment hebben de proefpersonen *fl* 60,- ontvangen. Bij de toewijzing van de proefpersonen aan de teams is zoveel mogelijk geprobeerd te vermijden dat bekenden in één team moesten samenwerken (bij één team is dat niet gelukt). Bovendien is er naar gestreefd om teams te vormen van mensen met hetzelfde geslacht en het aantal gemengde teams gelijkelijk over de condities te verdelen. In de experimentele conditie hebben 14 mannen en 8 vrouwen meegedaan en was er sprake van 4 gemengde teams en 7 ongemengde teams (5 teams van alleen mannen en 2 teams van alleen vrouwen). In de controle conditie hebben 11 mannen en 11 vrouwen meegedaan en was er sprake van 7 gemengde teams en 4 ongemengde teams (2 teams van alleen mannen en 2 teams van alleen vrouwen).

## 2.2 Taak

De taak van het team was het bestrijden van zoveel mogelijk calamiteiten door middel van een tijdige en voldoende inzet van middelen. De calamiteiten betroffen branden in verschillende typen gebouwen (woonhuis, wooncomplex, school, fabriek en ziekenhuis) in een willekeurige stad. De branden ontstonden als gevolg van het rondwaren door de stad van een pyroomaan. De pyroomaan kon zelf niet uitgeschakeld worden, alleen de gevolgen (de branden) konden bestreden worden. Het bestrijden van branden geschiedde door middel van de inzet van brandweerauto's. In ieder type gebouw bevonden zich verschillende aantallen mensen. De taak van het team was om het aantal slachtoffers als gevolg van een brand te minimaliseren. Aangezien het aantal middelen (brandweerauto's) beperkt was, kon het voorkomen dat men een beperkt aantal slachtoffers accepteerde (in bijvoorbeeld een woonhuis) teneinde een groter aantal mensen te redden (in bijvoorbeeld een ziekenhuis).

De brandweertaak moest door twee proefpersonen worden verricht. Één proefpersoon voerde de taak uit van de "waarnemer", de andere proefpersoon voerde de taak uit van de "beslisser". De taak van de waarnemer bestond uit het detecteren van de branden in de stad en het rapporteren van brandmeldingen aan de teamgenoot, de beslisser. Deze had de beschikking over zes brandweerauto's en bepaalde op welke branden brandweerauto's moesten worden ingezet en hoeveel brandweerauto's dit moesten zijn. De twee teamleden zaten ieder in een aparte ruimte en beschikten elk over een eigen beeldscherm. Het beeldscherm van de waarnemer bevatte een plattegrond van de stad waarin alle gebouwen die konden gaan branden waren opgenomen. De waarnemer kon informatie over deze gebouwen opvragen en verzenden naar de beslisser. Het betrof informatie over het type gebouw, de toestand van de brand (brand, brandmeester, afgebrand), het aantal benodigde brandweerauto's en de dreiging. De beslisser kon binnengekomen berichten verwerken en weergeven in een overzicht op het eigen beeldscherm. Met behulp van deze informatie kon de beslisser de inzet van brandweerauto's bepalen als functie van de dreiging van het verwachte aantal slachtoffers. Door middel van het verzenden van berichten kon de beslisser de waarnemer op de hoogte houden van de toekenning van brandweerauto's aan de gebouwen in de stad.

Vooraf aan het experiment zijn een aantal scenario's gedefinieerd. Een scenario was een beschrijving van een aantal branden die in de stad uitbrak. Elk scenario was verdeeld in een aantal tijdstappen. Men kan scenario's van elkaar laten verschillen door branden bij de gebouwen in andere tijdstappen te laten beginnen. Ook kan men het aantal en het type gebouwen dat gaat branden per scenario variëren. Op deze wijze werden 4 eenvoudige en 4 complexe scenario's ontwikkeld. Complexe scenario's onderscheidden zich van eenvoudige scenario's doordat calamiteiten elkaar snel opvolgden. Er was dan sprake van een tekort aan middelen en het team moest in korte tijd veel beslissingen nemen. Na het beëindigen van een scenario kregen de proefpersonen feedback over hoeveel mensen er bedreigd waren en wat het aantal slachtoffers uiteindelijk was geworden.

De branden in de stad ontstonden niet geheel willekeurig, maar waren afhankelijk van de route die de pyroomaan door de stad liep. De pyroomaan was op het beeldscherm van de waarnemer altijd zichtbaar in de vorm van een zich verplaatsende rode stip op de plattegrond van de stad. De gebouwen die de pyroomaan recentelijk had gepasseerd, hadden de grootste

kans om in brand te vliegen. Behalve dat gebouwen in bepaalde tijdstappen konden gaan branden, kon er ook sprake zijn van een zekere dreiging. De dreiging werd niet meer dan 3 tijdstappen vooruitlopend op het uitbreken van de brand gemeld. De aankondiging van een op handen zijnde brand kon echter ook een loos alarm zijn. Bij één op de vijf gevaarmeldingen was er sprake van loos alarm. Door gebruik te maken van de gevaarmeldingen was een team in staat te anticiperen op eventuele toekomstige branden.

Het verloop van de branden in een scenario was afhankelijk van de inzet van middelen. Een brand kon zich in 10 verschillende discrete toestanden bevinden (toestand A tot en met J). In toestand A was de brand meester, in toestand J was de situatie niet meer in de hand te houden en was het gebouw verloren, inclusief alle zich in het gebouw bevindende mensen. Een brand kon van de ene naar de andere toestand gebracht worden door middel van de inzet van brandweerauto's. Voor ieder type gebouw was een unieke transitie-matrix gedefinieerd waarin de toestandsovergangen waren vastgesteld als functie van het aantal ingezette auto's. Door telkens voldoende auto's in te zetten kon de brand geleidelijk aan worden bedwongen. Het inzetten van auto's diende binnen één tijdstap te gebeuren. Als deze tijd werd overschreden ging de toestand van de brand automatisch één stap verder naar de eindtoestand (toestand J). Als een brand volledig was geblust (toestand A) dienden de auto's weer naar de kazerne terug te keren alvorens opnieuw ingezet te kunnen worden. Een uitgebreide beschrijving van de taak is te vinden in Bijlage A.

### 2.3 Procedure

Het experiment bestond uit een aantal verschillende onderdelen: een schriftelijke instructie van de eigen taak, een schriftelijke instructie van de taak van de teamgenoot, een training in de eigen taak, een training in de taak van de teamgenoot (alleen voor de experimentele groep), een voormeting, de taakuitvoering in teamverband en een nameting.

De schriftelijke instructie gaf proefpersonen algemene informatie over de taken die moesten worden verricht tijdens de uitvoering van experiment. Er werd uitgelegd wat de brandweertak inhiel en welk doel (het minimaliseren van het aantal slachtoffers) het team moest proberen te bereiken. De waarnemer en de beslisser beschikten ieder over een afzonderlijke instructie. Naast de algemene instructie werd daarin de specifieke werking van het systeem uitgelegd. Er werd verteld waarvoor de verschillende onderdelen die zichtbaar waren op de beeldschermen van de teamleden dienden en wat de werking daarvan was. De schriftelijke instructie bevatte afbeeldingen van de schermen waarmee de proefpersonen moesten werken.

De training van de proefpersonen bestond uit het individueel verrichten van de brandweertak. De proefpersonen speelde hierbij samen met een geautomatiseerd teamlid. De software-agent benaderde het gedrag van de menselijke agenten zo veel mogelijk. Door het systeem de taak van de teamgenoot te laten verrichten was het mogelijk dat verschillende proefpersonen dezelfde training kregen. Tijdens de training werden 3 verschillende oefenscenario's aangeboden waarvan de volgorde systematisch over de proefpersonen werd gevarieerd, maar dezelfde was voor de experimentele en de controle groep. De scenario's waren verdeeld in 10 tijdstappen van 45 seconden. Na afloop van elk oefenscenario kregen de proefpersonen



hun score te zien voor het desbetreffende scenario. In vergelijking met de experimentele scenario's waren de scenario's van de training eenvoudiger en had men meer tijd om de handelingen te kunnen verrichten. De experimentele groep werd getraind in 6 oefenscenario's, 3 van de eigen taak en 3 van de taak van het teamlid. De controlegroep werd alleen op de eigen taak getraind (3 scenario's).

De voormeting was een meting van de prestaties van individuele proefpersonen in de verschillende condities. In de experimentele scenario's werd de teamprestatie gemeten. De voormeting bestond uit het doorlopen van één scenario. Het scenario duurde 10 minuten en was verdeeld in 20 tijdstappen van 30 seconden. Daarbij werd de taak van de teamgenoot uitgevoerd door het systeem. De voormeting diende als check op de experimentele manipulatie en het succesvol doorlopen hebben van de training.

De taakuitvoering in teamverband bestond uit het doorlopen van 8 verschillende scenario's. De volgorde waarin de scenario's werden aangeboden was random bepaald, maar identiek voor de experimentele en de controle groep. Elk scenario bestond uit 20 tijdstappen van elk 30 seconden en duurde 10 minuten. Na afloop van elk scenario kregen de teamleden hun score te zien voor het desbetreffende scenario. Het team kreeg 4 eenvoudige scenario's en 4 complexe scenario's aangeboden.

Na de taakuitvoering in teamverband werd de individuele prestatie nogmaals gemeten door middel van een nameting. Het doel van de nameting was om te zien of de controlegroep niet door louter oefening in de eigen taak ook een gemeenschappelijk mentaal model had ontwikkeld. De nameting bestond uit het doorlopen van één scenario. Het scenario van de nameting was wat betreft de volgorde van de branden, het type gebouwen en de tijdstappen wanneer de gebouwen gingen branden hetzelfde als het scenario van de voormeting. De pyromaan liep echter een andere route door de stad waardoor andere gebouwen (met dezelfde aantallen slachtoffers) in brand werden gestoken. Hoewel het scenario van de nameting feitelijk hetzelfde was als dat van de voormeting, kregen proefpersonen toch de indruk dat ze met een ander scenario te maken hadden. Net als bij de voormeting werd de taak van de teamgenoot tijdens de nameting verricht door het systeem.

Het totale experiment duurde ongeveer 4 uur.

## 2.4 Design

In het experiment zijn twee onafhankelijke variabelen gemanipuleerd. De eerste onafhankelijke variabele was training in elkaars taken (cross-training). Deze variabele werd tussen groepen gevarieerd. De tweede onafhankelijke variabele was de complexiteit van de scenario's. De complexiteit van de scenario's werd binnen proefpersonen gemanipuleerd.

## 2.5 Afhankelijke variabelen

Als prestatie-maten zijn gedefinieerd:

- 1 percentage slachtoffers (aantal slachtoffers ten opzichte van het totaal aantal mogelijke slachtoffers; indien op het eind van het scenario een gebouw nog brandde was het aantal slachtoffers een lineaire functie van de toestand van het gebouw)
- 2 aantal overbodig ingezette middelen
- 3 aantal niet-benutte middelen

Als communicatie-maten zijn gedefinieerd:

- 1 aantal door waarnemer en beslisser verzonden berichten
- 2 aantal door waarnemer en beslisser gelezen berichten (al dan niet binnen 1 tijdstap)
- 3 proportie door waarnemer en beslisser verstuurd essentiële berichten, zowel ten opzichte van het aantal verstuurd berichten als ten opzichte van het maximale aantal essentiële berichten; als essentiële berichten voor de waarnemer zijn gedefinieerd: nieuwe branden die wordt doorgegeven; wijziging in niet-benodigde middelen; wijziging in een toename van de benodigde middelen; verwachtingen; als essentieel bericht voor de beslisser is gedefinieerd: berichten over ingezette middelen
- 4 aantal vragen gesteld door waarnemer en beslisser
- 5 aantal antwoorden gekregen door waarnemer en beslisser
- 6 proportie vragen beantwoord door waarnemer en beslisser
- 7 gemiddelde tijd die waarnemer en beslisser nodig hebben om te antwoorden.

Het aantal ongevraagd door waarnemer en beslisser verstuurd essentiële berichten is berekend door van het totaal aantal essentiële berichten het aantal berichten dat als antwoord op een vraag is gegeven af te trekken. Aangezien alleen vragen over essentiële informatie gesteld konden worden en het totaal aantal essentiële berichten bestond uit ongevraagd verstuurd berichten en berichten die als antwoord op een vraag waren verstuurd, kon op deze wijze het aantal ongevraagd verstuurd berichten worden bepaald.

## 3 RESULTATEN

### *Voor- en nameting*

Cross-training had geen significant effect op de gedefinieerde afhankelijke variabelen. Op slechts één van de afhankelijke variabelen, de proportie nieuwe branden die wordt doorgegeven, was er sprake van een significante interactie tussen cross-training en voor- en nameting,  $F(1,20)=9.80$ ,  $p=.005$ . De controlegroep gaf op de voormeting 91% van de nieuwe branden door en op de nameting 98%, terwijl dit percentage voor de experimentele groep afnam van 96% op de voormeting tot 85% op de nameting. Hoewel significant, ging dit effect dus niet in de verwachte richting. De prestaties van de waarnemer verschilden in de meeste gevallen niet significant op voor- en nameting. Uitzonderingen waren het aantal onbenutte middelen, dat toenam van 19.6 tot 21.5,  $F(1,20)=5.78$ ,  $p=.03$ , het aantal door de

waarnemer gestelde vragen, dat afnam van 3.14 tot 1.18,  $F(1,20)=9.11$ ,  $p=.007$ , het aantal door de beslisser ontvangen antwoorden, dat marginaal toenam van 3.93 tot 5.45,  $F(1,20)=3.70$ ,  $p=.07$  en de proportie essentiële berichten ten opzichte van het totaal aantal verstuurde berichten dat afnam van 58.3 tot 52.7,  $F(1,20)=6.47$ ,  $p=.02$ . De prestaties van de beslisser verschilden in veel gevallen wel significant op voor- en nameting. Het percentage slachtoffers nam af van 69% tot 31%,  $F(1,20)=13.80$ ,  $p=.001$ , het aantal onbenutte middelen nam af van 16.6 tot 12.4,  $F(1,20)=13.20$ ,  $p=.002$ , het aantal verstuurde berichten nam toe van 12.2 tot 18.8,  $F(1,20)=4.55$ ,  $p=.05$ , het aantal gelezen berichten nam toe van 26.6 tot 31.0,  $F(1,20)=6.57$ ,  $p=.02$ , het aantal binnen 1 trial gelezen berichten nam toe van 21.7 tot 28.6,  $F(1,20)=15.87$ ,  $p=.001$ , het percentage essentiële berichten ten opzichte van het aantal verstuurde berichten nam toe van 20.0 tot 33.8,  $F(1,20)=9.19$ ,  $p=.005$ , en het percentage essentiële berichten ten opzichte van het maximale aantal essentiële berichten nam toe van 19.1 tot 39.6,  $F(1,20)=16.48$ ,  $p=.001$ . Samengevat kan geconcludeerd worden dat de prestaties van de waarnemer niet verschilden tussen voor- en nameting, terwijl de prestaties van de beslisser sterk verbeterden.

### *Experimentele scenario's*

Analyse van de prestaties van de teams op de 8 experimentele scenario's liet nauwelijks significante hoofdeffecten zien van cross-training. Uitzondering was een marginaal significant effect van de proportie door de beslisser verstuurde essentiële berichten ten opzichte van het aantal verstuurde berichten. In de controlegroep verstuurden de beslissers gemiddeld 28.9% essentiële berichten en in de experimentele groep 37.1%,  $F(1,19)=3.72$ ,  $p=.07$ .

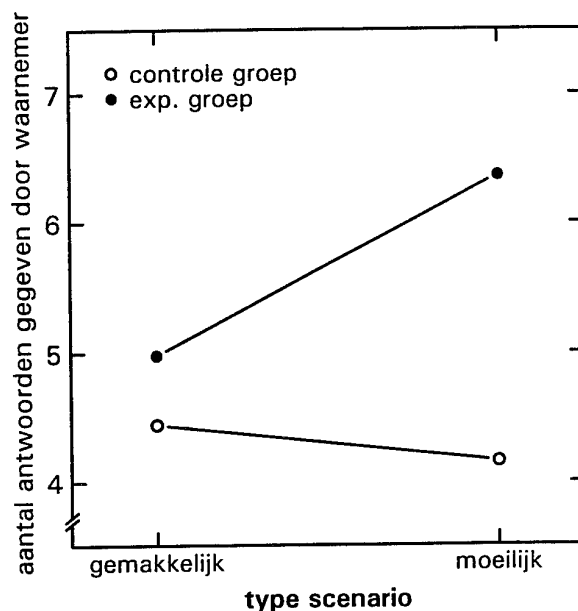


Fig. 1 Aantal antwoorden gegeven door waarnemer als functie van type scenario, voor de controlegroep en de experimentele groep.

Het aantal overbodig ingezette middelen was marginaal significant lager in de experimentele groep (7.8) dan in de controlegroep (9.1),  $F(1,20)=3.06$ ,  $p=.10$ . De waarnemers in de experimentele groep antwoordden sneller op vragen van de beslissers dan de waarnemers in de controlegroep. De gemiddelde tijd tussen een vraag van de beslisser en het antwoord van de waarnemer was 18 s in de experimentele groep en 77 s in de controlegroep,  $F(1,9)=8.17$ ,  $p=.02$ .

Het voorspelde effect van cross-training op het aantal ongevraagd door waarnemer en beslisser verstuurd berichten was niet significant,  $F(1,20)=1.31$  en  $F(1,19)<1$ , beide  $p's >.10$ , voor respectievelijk door de waarnemer en door de beslisser ongevraagd verstuurd berichten.

Op één van de afhankelijke variabelen was sprake van een interactie tussen conditie en moeilijkheidsgraad van de scenario's. Het betrof hier het aantal antwoorden dat de beslisser kreeg van de waarnemer (zie Fig. 1).

Het aantal antwoorden dat de waarnemer gaf nam in de controlegroep af van 4.45 in de gemakkelijke scenario's naar 4.16 in de moeilijke scenario's, terwijl dit aantal in de experimentele groep juist toenam van 4.98 in de gemakkelijke scenario's tot 6.36 in de moeilijke scenario's. Deze interactie was significant,  $F(1,20)=4.35$ ,  $p=.05$ . Het aantal vragen dat de beslisser stelde verschilde niet per experimentele conditie,  $F(1,20)<1$ , noch kreeg de beslisser significant meer antwoorden in de moeilijke scenario's (gemiddeld over experimentele condities),  $F(1,20)=1.83$ ,  $p>.05$ , hoewel de beslisser wel significant meer vragen stelde in de moeilijke scenario's,  $F(1,20)=4.59$ ,  $p=.04$ . Aangezien alleen de interactie tussen conditie en moeilijkheidsgraad significant was, kan hieruit worden afgeleid dat cross-training een selectief effect had op de waarnemers op vooral de moeilijke scenario's.

Naast deze significante interactie tussen conditie en moeilijkheidsgraad was er sprake van een hoofdeffect van moeilijkheidsgraad van de scenario's op de volgende prestatie- en communicatiematen (zie Tabel I).

De prestatie- en communicatiematen laten zien dat de manipulatie van de moeilijkheidsgraad van de scenario's succesvol is geweest. De moeilijkheidsgraad beïnvloedt vooral de communicatie van de waarnemer naar de beslisser. Voor wat betreft de beslisser neemt alleen het aantal door de beslisser gestelde vragen toe in de moeilijke scenario's. De waarnemer verstuurt meer berichten in de moeilijke scenario's, hetgeen verklaarbaar is omdat er meer objecten in brand vliegen en er dus meer te communiceren valt. Dat de waarnemer in totaal meer berichten heeft verstuurd aan de beslisser in de moeilijke scenario's, heeft niet tot effect gehad dat de beslisser daardoor tot een betere prestatie kwam. De proportie essentiële door de waarnemer verstuurd berichten neemt af in de moeilijke scenario's, maar alleen indien deze proportie wordt beschouwd ten opzichte van het maximale aantal essentiële berichten en niet indien deze wordt beschouwd ten opzichte van het aantal verstuurd berichten. De waarnemer verstuurt in de moeilijke scenario's ongevraagd meer essentiële informatie aan de beslisser dan in de gemakkelijke scenario's. De belangrijkste conclusie is echter dat de waarnemers in de experimentele groep niet meer essentiële berichten verstuurden dan de

waarnemers in de controlegroep, ook niet ongevraagd. Dit geldt zowel voor de gemakkelijke als de moeilijke scenario's.

Tabel I Overzicht van significante verschillen tussen gemakkelijke en moeilijke scenario's.

Afhankelijke variabele	gemiddelde score gemakkelijke scenario's	gemiddelde score moeilijke scenario's	F(1,20)	p-waarde
percentage slachtoffers	14.15	39.34	82.99	.000
aantal overbodig ingezette middelen	6.17	10.74	93.13	.000
aantal niet-benutte middelen	14.52	17.27	16.71	.001
aantal door beslisser gestelde vragen	7.77	8.77	4.59	.045
aantal door WN verzonden berichten	24.49	35.23	57.19	.000
proportie essentiële berichten WN (t.o.v. max. aantal essentiële berichten)	65.36	56.97	30.66	.000
aantal ongevraagd door waarnemer verstuurde essentiële berichten	10.08	13.42	22.82	.000
proportie wijziging niet-benodigde middelen	83.30	76.03	9.83	.005
proportie wijziging toename benodigde middelen	81.27	71.84	4.78	.04
proportie verwachtingen	74.17	63.92	15.89	.001

#### *Verschillen tussen teams*

Teams verschilden onderling sterk op alle afhankelijke variabelen met uitzondering van het percentage slachtoffers. Blijkbaar was het percentage slachtoffers geen gevoelige prestatie-maat om onderlinge verschillen tussen teams mee te ontdekken. Om een eventuele relatie tussen de overige prestatiematen (overbodig ingezette middelen en niet-benutte middelen) en de communicatiematen te ontdekken zijn stapsgewijze regressie-analyses uitgevoerd. De variantie in het aantal overbodig ingezette middelen kan voor 20% verklaard worden uit de variantie in het aantal door de waarnemer verzonden berichten en de proportie essentiële door de waarnemer verstuurde berichten (zowel ten opzichte van het aantal als het maximale aantal essentiële berichten). De variantie in het aantal niet-benutte middelen kan voor 34% verklaard worden uit de variantie in het aantal door waarnemer en beslisser verzonden berichten en de proportie door de waarnemer verstuurde essentiële berichten ten opzichte van het maximale aantal essentiële berichten. Er is dus een zekere samenhang tussen prestatiematen en communicatiematen maar het grootste deel van de variantie in de prestatie-maten kan niet verklaard worden uit de variantie in de communicatiematen.

Teneinde een beter inzicht te krijgen in de verschillen tussen teams zijn vier teams in detail met elkaar vergeleken. Onderzocht zijn de twee best presterende teams (gemiddeld 14%

slachtoffers) en de twee slechtst presterende teams (gemiddeld 47% slachtoffers). De prestaties van deze teams zijn vergeleken op vier scenario's: één eenvoudig scenario en drie complexe scenario's. Voor de analyse is gebruik gemaakt van de logfiles. Hiervan is een handzaam verslag gemaakt dat inzicht geeft in hoe de communicatie tussen teamleden is verlopen en hoe de allocatie van middelen heeft plaatsgevonden. Uit de bestudering van de logfiles is een aantal aspecten naar voren gekomen:

- 1 Goede teams legden hun prioriteiten bij objecten die de meeste slachtoffers maakten. Slechte teams lieten middelen die waren toegekend aan een object met een lage prioriteit staan, terwijl deze middelen elders meer van nut konden zijn. Slechte teams probeerden vaker middelen te verdelen over branden. Slechte teams haalden ten slotte soms middelen weg bij objecten met een hoge prioriteit terwijl die middelen nog hard nodig waren omdat de brand nog niet was geblust.
- 2 Goede teams maakten gebruik van een anticipatie-strategie: zij gebruikten de gevaar-meldingen om op voorhand middelen te kunnen inzetten. Slechte teams anticipeerden niet dan wel met te weinig middelen waardoor het effect nihil was.
- 3 Goede teams hadden minder vaak een overbodige inzet van middelen dan slechte teams. De reden hiervoor was gelegen in het snel reageren van goede teams op een verandering in het aantal benodigde middelen. De op deze wijze vrijgekomen middelen konden dan snel weer bij een andere brand worden ingezet. Slechte teams gaven veranderingen in het aantal benodigde middelen te laat door (waarnemer), dan wel werden deze veranderingen te laat gelezen (beslissers).
- 4 Goede teams reageerden snel op binnengekomen berichten. Slechte teams reageerden trager.

Uit deze analyse van verschillen tussen teams blijkt dat verschillen in efficiëntie in communicatie een deel van de prestatieverschillen verklaart. Een ander deel van de verschillen tussen teams wordt echter veroorzaakt door de individuele capaciteiten van teamleden: de juiste prioriteiten leggen en snel werken zijn zeker ook belangrijke factoren in deze taak.

#### 4 DISCUSSIE

Het doel van het huidige onderzoek was een experimentele onderbouwing te vinden voor het begrip "gemeenschappelijk mentaal model". Via de experimentele manipulatie van "cross-training" (training in de taak van het andere teamlid) is getracht een gemeenschappelijk mentaal model te bewerkstelligen bij de experimentele groep. De controlegroep kreeg geen daadwerkelijke ervaring in het uitvoeren van de taak van het andere teamlid, maar kreeg hierover slechts schriftelijke informatie. De hypothese was dat het hebben van een gemeenschappelijk mentaal model zou moeten leiden tot het vaker uitwisselen van essentiële informatie tussen teamleden, vooral in moeilijke scenario's. De resultaten lieten in enkele gevallen een effect van cross-training zien. Waarnemers in de experimentele groep waren meer dan vier keer zo snel in het beantwoorden van vragen van hun teamgenoten dan waarnemers in de controlegroep. Een ander duidelijk effect was dat de waarnemers in de experimentele groep in de moeilijke scenario's meer antwoorden gaven op vragen gesteld door de beslissers dan waarnemers in de controlegroep. Waarnemers in de experimentele

groep verstuurden niet meer essentiële berichten dan de waarnemers in de controlegroep. Dit gold zowel voor de gemakkelijke als de moeilijke scenario's. Voor de rol van waarnemer leidde cross-training in het geval van het doorgeven van nieuwe branden op de voormeting weliswaar tot een betere prestatie, maar op de nameting was deze betere prestatie omgeslagen in een slechtere prestatie. Het louter uitvoeren van de taak door de controlegroep heeft in dit geval geleid tot het goed uitwisselen van essentiële informatie. Voor de rol van beslisser leidde cross-training in het geval van het doorgeven van ingezette middelen tot een marginaal betere prestatie: beslissers die in de taak van waarnemer waren getraind gaven vaker aan hun teamgenoot door hoeveel middelen zij ergens hadden ingezet dan beslissers die niet in de taak van de waarnemer waren getraind.

Samengevat kan gesteld worden dat cross-training bij de waarnemers leidde tot het sneller beantwoorden van vragen van hun teamgenoot en dat de in de taak van de teamgenoot getrainde waarnemers meer vragen beantwoordden in de moeilijke dan in de gemakkelijke scenario's. Echter, de aard van de verstuurde informatie verschilde niet als functie van cross-training. Cross-training bij de beslissers leidde daarentegen wel tot een marginaal significante verandering in de aard van de verstuurde informatie: beslissers die in de taak van waarnemer waren getraind gaven vaker aan hun teamgenoot door hoeveel middelen zij ergens hadden ingezet dan beslissers die niet in de taak van de waarnemer waren getraind. Er waren geen effecten van cross-training op de prestatiematen (aantallen slachtoffers, efficiëntie van ingezette middelen), noch op de overige communicatiematen. Gezien het grote aantal statistische toetsen dat is uitgevoerd bestaat de mogelijkheid dat de enkele significante effecten die gevonden zijn te danken zijn aan kanskapitalisatie: als 100 F-toetsen worden uitgevoerd kan men op grond van louter toeval verwachten dat 5 daarvan significant zullen zijn.

Om te begrijpen waarom cross-training in dit onderzoek niet tot een duidelijker resultaat leidde, dient de gebruikte taak nader beschouwd te worden. Bij nader inzien blijken de twee teamleden niet op een symmetrische wijze afhankelijk van elkaar te zijn: de waarnemer heeft voor het goed uitvoeren van zijn taak geen informatie nodig van de beslisser, terwijl andersom de beslisser voor het goed uitvoeren van zijn taak veel informatie van de waarnemer nodig heeft. De enige essentiële informatie die de beslisser aan de waarnemer kan sturen betreft het doorgeven van ingezette middelen. Deze informatie zou de waarnemer kunnen gebruiken om op te merken dat er bij een bepaald object te veel middelen staan. Als de waarnemer echter consequent en tijdig aan de beslisser doorgeeft hoeveel middelen ergens nodig zijn, kan de beslisser ook zelf tot de conclusie komen dat bij een bepaald object te veel middelen staan. Gegeven dat de waarnemer in het huidige onderzoek zeer druk bezig was met het opvragen en doorgeven van informatie, is het waarschijnlijk dat hij geen gebruik maakte van door de beslisser verstrekte informatie zolang die informatie niet belangrijk was voor zijn eigen taakuitvoering. In het huidige paradigma kan een goede teamprestatie worden bereikt als de waarnemer tijdig alle relevante informatie doorgeeft aan de beslisser. Op zijn beurt beïnvloedt de beslisser de teamprestatie nauwelijks door geen informatie aan de waarnemer te geven. Het is dan ook niet verwonderlijk dat training in de taak van het andere teamlid geen enkele consequentie hoefde te hebben: de waarnemer hoefde immers zijn gedrag toch niet aan te passen om tot een betere teamprestatie te komen.

en de beslisser kon nauwelijks andere informatie doorgeven dan het aantal ingezette middelen (op deze variabele was dan ook het enige effect van cross-training te zien).

De verschillen tussen de teamleden op de voor- en nameting ondersteunen bovenstaande interpretatie. Zowel op de prestatiematen als op de communicatiematen was voor de waarnemer nauwelijks een verschil tussen voor- en nameting te zien. Dit duidt erop dat de waarnemer tijdens de training een vaste strategie had ontwikkeld die gedurende de experimentele scenario's niet werd gewijzigd. De beslisser daarentegen vertoonde op bijna alle maten een grote vooruitgang in prestatie tussen voor- en nameting. De taak van de beslisser was blijkbaar complexer dan die van de waarnemer en liet nog ruimte voor verbetering na de voormeting.

De resultaten hebben voorts laten zien dat de teamprestatie voor ongeveer 30% samenhangt met de communicatie tussen teamleden. In zoverre cross-training een effect op de communicatie tussen teamleden heeft, kan deze vorm van training in de huidige taakopzet slechts tot een beperkt resultaat leiden. Immers, ongeveer 70% van de variantie in teamprestatie hangt samen met factoren die niet tot communicatie zijn terug te voeren. Hierbij valt te denken aan kennis en vaardigheden van individuele teamleden, bijvoorbeeld het stellen van de juiste prioriteiten en het snel berichten doorgeven en verwerken. Een algemene conclusie die uit het huidige onderzoek getrokken kan worden is dat gemeenschappelijke mentale modellen pas een substantieel effect hebben op de teamprestatie als die prestatie voor een groot deel afhankelijk is van communicatie tussen teamleden.

Op grond van het voorgaande kan een aantal aanbevelingen worden gedaan ten aanzien van het verder ontwikkelen van een paradigma voor teambesluitvorming dat gevoelig is voor het hebben van een gemeenschappelijk mentaal model bij de teamleden. Ten eerste dient er een grotere mate van afhankelijkheid tussen teamleden te bestaan dan in het huidige paradigma het geval was. Een mogelijkheid zou kunnen zijn de grove locatie van gevaarmeldingen bij de beslisser bekend te laten zijn en niet bij de waarnemer. De waarnemer dient dit dan van de beslisser te horen. Ten tweede dient de waarnemer over een groter scala aan strategieën te kunnen beschikken dan nu het geval is. Dit zou kunnen worden bewerkstelligd door de waarnemer over "verkenningvoertuigen" te laten beschikken die kunnen worden ingezet om actuele informatie over de toestand van de branden te krijgen. Zonder inzet van een dergelijk verkenningvoertuig zou de informatie altijd achterlopen bij de werkelijke toestand. De waarnemer dient dan van de beslisser te weten hoeveel middelen op een bepaald object zijn ingezet om te kunnen beslissen waar het het meest cruciaal is het verkenningvoertuig naartoe te sturen. Liever nog zal de waarnemer anticiperen op een mogelijke brand door het verkenningvoertuig in een vroegtijdig stadium naar een gevaarlijke locatie te sturen en zo de beslisser te voorzien van actuele in plaats van verouderde informatie. Ten derde dienen scenario's te worden ontwikkeld waarin een suboptimaal verlopende communicatie zich direct vertaalt in een slechtere teamprestatie. Hiermee kan een slechte teamprestatie direct worden toegeschreven aan het niet tijdig verstuurd hebben van essentiële informatie door één van de teamleden. Tenslotte dient overwogen te worden of de manipulatie van cross-training in het huidige onderzoek wel voldoende was en of in een volgend onderzoek niet een forsere manipulatie nodig is dan alleen het laten oefenen in de taak van de ander. Gedacht kan worden aan het geven van explicietere instructies in hoe de taken samenhangen in termen



van informatieuitwisseling en aan het gezamenlijk oefenen van de taak vóór de eigenlijke taakuitvoering in teamverband. De rationale hierachter is dat het doel van de manipulatie is het aanbrengen van een gemeenschappelijk mentaal model en dat cross-training hiertoe slechts één van de middelen is.

## REFERENCES

- Bannon, L.J. (1986). Computer-Mediated Communication. In D.A. Norman, & S.W. Draper (Eds.), *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction* (pp. 433-452). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cannon-Bowers, J.A., Salas, E., & Converse, S.A. (1993). Shared Mental Models in Expert Team Decision Making. In N.J. Castellan jr. (Ed.), *Individual and Group Decision Making: Current Issues* (pp. 221-246) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Converse, S.A., Cannon-Bowers J.A., & Salas, E. (1991). Team Member Shared Mental Models: a theory and some methodological issues. *Proceedings of the Human Factors Society 35th annual meeting*, 1417-1421.
- Coury, B.G., & Terranova, M. (1991). Collaborative Decision Making in Dynamic Systems. *Proceedings of the Human Factors Society 35th annual meeting*, 944-948.
- Duffy, L. (1993). Team Decision Making and Technology. In N.J. Castellan jr. (Ed.), *Individual and Group Decision Making: Current Issues* (pp. 247-266) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dyer, J.L. (1984). Team Research and Team Training: a state of the art review. In F.A. Muckler (Ed.), *Human Factors Review* (pp. 285-323). Santa Monica: The Human Factors Society.
- Fussell, S.R., & Benimoff, N.I. (1995). Social and Cognitive Processes in Interpersonal Communication: Implications for Advanced Telecommunications Technologies. *Human Factors*, 37, 228-250.
- Hollenbeck, J.R., Ilgen, D.R., Sego, D.J., Hedlund, J., Major, D.A., & Phillips, J. (1995). Multilevel Theory of Team Decision Making: Decision Performance In Teams Incorporating Distributed Expertise. *Journal of Applied Psychology*, 80, 292-316.
- Klein, G.A. (1993). A Recognition-Primed Decision Model of Rapid Decision Making. In G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C.E. Zsombok (Eds.) *Decision Making in Action: models and methods* (pp. 138-147). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Orasanu, J. (1993). Decision Making in the Cockpit. In E.L. Wiener, B.G. Kanki, & R.L. Helmreich (Eds.), *Cockpit Resource Management* (pp. 132-172). San Diego, CA: Academic Press.
- Orasanu, J., & Connolly, T. (1993). The Reinvention of Decision Making. In G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C.E. Zsombok (Eds.) *Decision Making in Action: models and methods* (pp. 3-20). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Orasanu, J., & Salas, E. (1993). Team Decision Making in Complex Environments. In G.A. Klein, J. Orasanu, R. Calderwood, & C.E. Zsombok (Eds.) *Decision Making in Action: models and methods* (pp. 327-345). Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Rouse, W.B., Cannon-Bowers J.A., & Salas, E. (1992). The Role of Mental Models in Team Performance in Complex Systems. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics*, 22, pp. 1296-1308.
- Salas, E., Bowers, C.A., & Cannon-Bowers, J.A. (1995). Military Team Research: ten years of progress. *Military psychology*, 7, 55-75.
- Schraagen, J.M.C. (1995). *Besluitvorming in teams: een onderzoeksparadigma*. Rapport TNO-TM 1995 B-1, Soesterberg: TNO Human Factors Research Institute.

- Serfaty, D., Entin, E.E., & Volpe, C. (1993). Adaption to stress in team decision-making and coordination. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting*, 1228-1232.
- Serfaty, D., & Entin, E.E. (1995). Shared Mental Models and Adaptive Team Coordination. *Proceedings of the First International Symposium on Command and Control Research and Technology*, 289-249.
- Stout, R., & Salas, E. (1993). The Role of Planning in Coordinated Team Decision Making: Implications for Training. *Proceedings of the Human Factors Society 37th annual meeting*, 1238-1242.
- Volpe, C.E., Cannon-Bowers, J.E., Salas, E., & Spector, P.E. (in druk). The Impact of Cross-Training on Team Functioning: An Empirical Investigation. *Human Factors*.
- Weaver, J.L., Bowers, C.A., Salas, E., & Cannon-Bowers, J.A. (1995). Networked simulations: New Paradigms for Team Performance Research. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 27, 12-24.
- Whittaker, S., Geelhoed, E., & Robinson, E. (1993). Shared Workspaces: how do they work and when are they useful? *International Journal of Man Machine Studies*, 813-842.

Soesterberg, 22 december 1995



Dr. J.M.C. Schraagen

## BIJLAGE A      Beschrijving brandweertaak

### Opstelling

De twee proefpersonen die deel uitmaken van het team zitten ieder in een aparte ruimte met elk een eigen beeldscherm. Deze beeldschermen maken deel uit van een systeem waarop de computer-simulatie van de brandweertaak plaatsvindt. Het systeem is van het merk Silicon Graphics met een Indy werkstation. De experimentleider beschikt over beide beeldschermen en heeft de mogelijkheid de voortgang van het experiment te controleren. De teamleden kunnen met behulp van een computer-muis de cursor (in de vorm van een pijl) besturen zodat de positie op het scherm duidelijk is. Door bepaalde functies op het beeldscherm met de muis aan te klikken kunnen opdrachten worden uitgevoerd. Tussen de teamleden is geen direct auditief of visueel contact mogelijk. Communicatie tussen de teamleden kan alleen plaatsvinden door het sturen van berichten met behulp van het computersysteem (vergelijkbaar met email). De waarnemer en de beslisser hebben ieder een eigen beeldscherm met een unieke lay-out. In de volgende paragrafen wordt eerst een beschrijving gegeven van het beeldscherm van de waarnemer en vervolgens van het beeldscherm van de beslisser.

### Beeldscherm waarnemer

#### *Stad*

De stad wordt op het beeldscherm van de waarnemer (zie Fig. 2) gerepresenteerd op een plattegrond met de volgende gebouwen: woonhuizen, huizencomplexen, scholen, fabrieken en ziekenhuizen. Tabel II is een overzicht van alle typen gebouwen die zich in de stad bevinden. In de tabel is tevens weergegeven hoeveel gebouwen er van elk type in de stad staan, hoeveel slachtoffers per type gebouw kunnen vallen en hoeveel middelen er in eerste instantie minimaal nodig zijn om de brand te kunnen blussen.

Tabel II Typen gebouwen, met per type het aantal op het scherm, het aantal slachtoffers bij volledig afbranden en het aantal minimaal benodigde middelen.

gebouw	aantal	slachtoffers	benodigd
woonhuis	14	2	1
huizencomplex	14	10	2
school	4	200	3
fabriek	14	500	4
ziekenhuis	3	1000	5

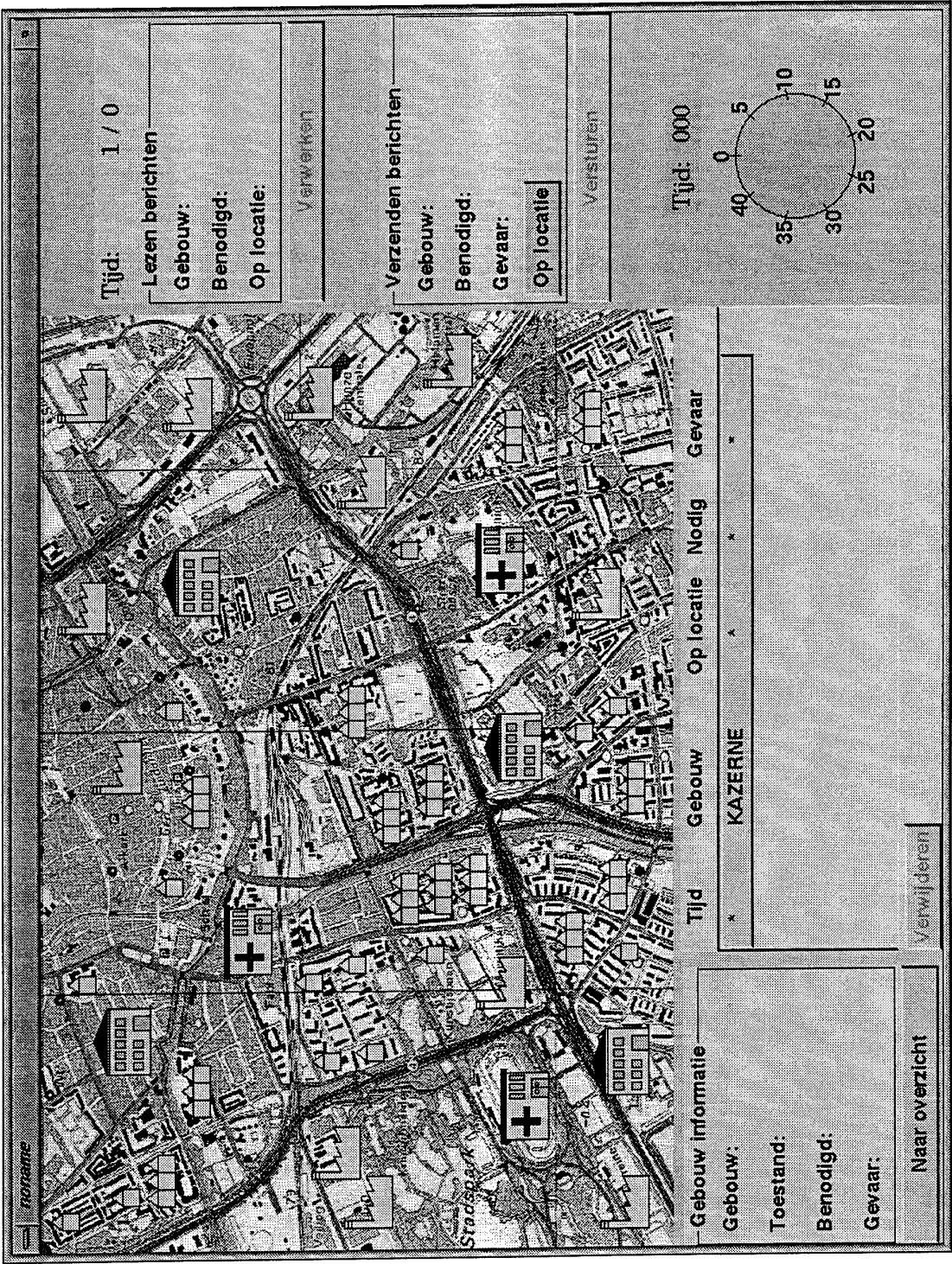


Fig. 2 Beeldscherm waarnemer.

Wanneer een gebouw in de stad gaat branden, wordt dat expliciet kenbaar gemaakt door middel van een opvallend rood kader om het desbetreffende gebouw. Bij de start van de brand zal het kader gaan knipperen tot aan het moment waarop het gebouw met behulp van de computer-muis wordt aangeklikt. Op de plattegrond wordt een gebouw dat brand meester is, aangegeven door middel van een groen kader. Gebouwen die zijn afgebrand, krijgen op de plattegrond een zwart kader met een rood kruis. Het rode kader van een brandend gebouw blijft om het gebouw aanwezig zolang het gebouw brandt en gaat pas groen knipperen als de brand bedwongen is en zwart knipperen als het gebouw afgebrand is. Ook hiervoor geldt dat de kaders rond deze gebouwen ophouden met knipperen wanneer deze worden aangeklikt met de muis.

### *Pyromaan*

Door de stad loopt een pyromaan rond die bepaalde gebouwen in brand kan steken. De pyromaan is voor de waarnemer altijd zichtbaar in de vorm van een zich verplaatsende rode stip op de plattegrond. De gebouwen die door de pyromaan worden gepasseerd hebben de grootste kans om te gaan branden. Kleine gebouwen zoals woonhuizen kunnen ook gaan branden zonder dat de pyromaan deze heeft aangestoken.

### *Gebouwen informatie*

Door met de computer-muis een gebouw op de plattegrond aan te klikken verschijnt een uniek gebouwen-label. In een apart venster (links onder op het beeldscherm) verschijnt informatie over het desbetreffende gebouw. Daarin wordt weergegeven om welk gebouw het gaat, in welke toestand (brand, brandmeester of afgebrand) het gebouw zich bevindt en hoeveel middelen het gebouw minimaal nodig heeft om het te kunnen blussen. Gebouwen die niet in brand staan kunnen ook worden aangeklikt. In het venster verschijnt dan informatie of het gebouw gevaar loopt om binnen een bepaalde tijd te gaan branden. Onder aan het venster bevindt zich de button "naar overzicht". Door het aanklikken van deze button kan de waarnemer de informatie over de verschillende gebouwen in een overzicht onder elkaar zetten.

### *Overzicht*

Het overzicht is midden onder op het beeldscherm van de waarnemer gesitueerd. Het bestaat uit een aantal kolommen waarin dezelfde informatie over het gebouw kan worden overgenomen als de informatie die bij het aanklikken van het gebouw bekend is geworden. Met behulp van button "verwijderen" kunnen gebouwen weer uit het overzicht worden weggehaald. De waarnemer kan in het overzicht zien om welk gebouw het gaat en hoeveel middelen het gebouw nodig heeft om het te kunnen blussen. Wanneer het gebouw niet in brand staat wordt er aangegeven of het gebouw gevaar loopt en wanneer de brand eventueel zou kunnen uitbreken. In het overzicht staat ook aangegeven hoeveel brandweerauto's er bij een gebouw (op locatie) aanwezig zijn. Deze informatie kan de waarnemer alleen in zijn overzicht opnemen wanneer de beslisser daar een bericht over heeft gestuurd. Naast deze informatie wordt in het overzicht ook een tijdaanduiding gegeven. Dat houdt in dat er is aangegeven in welke tijdstap men het bericht in het overzicht heeft opgenomen. De brand-

weertaak bestaat namelijk uit het doorlopen van verschillende scenario's. Elk scenario is verdeeld in een hoeveelheid tijdstappen van een bepaalde tijd.

### *Klok*

Rechtsonder op het beeldscherm van de waarnemer staat een afbeelding van een klok als representatie van een tijdstap. De klok start bij een maximum (bijvoorbeeld 45 seconden), loopt terug tot een nulwaarde, begint weer bij het maximum en loopt opnieuw terug tot de nulwaarde enzovoort. Dit iteratief proces duurt voort tot het einde van het scenario.

### *Lezen berichten*

In een apart venster rechtsboven op het beeldscherm kan de waarnemer berichten ontvangen die de beslisser heeft opgestuurd. De waarnemer kan de informatie uit het venster opnemen in het overzicht door de button "verwerken" met de computer-muis aan te klikken. De ontvangen berichten hebben een standaard formaat en bevat informatie over hoeveel brandweerauto's er bij een bepaald gebouw zijn ingezet. Als bijzonder bericht kan een bericht van de beslisser worden ontvangen betreffende de totale beschikbaarheid van brandweerauto's. De waarnemer kan dit bericht ook opnemen in het overzicht door het aantal brandweerauto's aanwezig in de kazerne aan te geven. Wanneer de waarnemer een bericht heeft ontvangen waar in plaats van het aantal ingezette auto's een vraagteken achter "benodigd" is geplaatst dan betekend dit dat de beslisser, als verstuurder van het bericht, wil weten hoeveel auto's er moeten worden ingezet.

Als de waarnemer berichten niet verwerkt kan het gebeuren dat deze zich opstapelen en zodoende niet gelezen kunnen worden. Het meest recente bericht kan namelijk pas gelezen worden wanneer de voorgaande berichten zijn verwerkt. Of de waarnemer het aantal berichten dat is binnengekomen allemaal op tijd heeft bijgehouden, kan worden afgelezen aan de tijdaanduiding boven het venster met de berichten. Aan de linkerkant van de schuine streep staat de tijdstap wanneer het bericht is ontvangen. Aan de rechterkant staat het aantal berichten dat nog moet worden verwerkt.

### *Verzenden berichten*

De waarnemer kan berichten over branden versturen naar de beslisser. Het versturen van berichten verloopt door middel van een apart venster (rechts in het midden op het beeldscherm) voor uitgaande berichten. Wanneer een gebouw uit het overzicht wordt aangeklikt, verschijnt deze informatie automatisch in het venster. Daarin staat om welk gebouw het gaat en (indien er brand is) hoeveel brandweerauto's er nodig zijn of (indien er een dreiging is) in welke tijdstap de brand eventueel gaat beginnen. Met behulp van de button "op locatie" kan de waarnemer een vraagteken oproepen. Daarmee kan de waarnemer, als verstuurder van het bericht, aan de beslisser vragen hoeveel brandweerauto's er bij een gebouw (op locatie) aanwezig zijn. Ook kan de waarnemer aan de beslisser vragen hoeveel auto's er in de kazerne beschikbaar zijn.

### *Score*

Aan het eind van elk scenario verschijnt op het beeldscherm van de waarnemer een venster met daarop de score van het desbetreffende scenario. De score geeft enerzijds het aantal mogelijke slachtoffers en anderzijds het aantal gevallen slachtoffers. Het aantal mogelijke slachtoffers geeft aan hoeveel mensen gevaar lopen als gevolg van de op dat moment brandende gebouwen in de stad. Het aantal gevallen slachtoffers geeft aan hoeveel slachtoffers op dat moment gevallen zijn als gevolg van het feit dat gebouwen zijn afgebrand. Indien de beide getallen gelijk zijn aan het einde van een scenario duidt dat op een slechte teamprestatie. Dat wil immers zeggen dat alle personen die mogelijk slachtoffer zouden worden ook inderdaad slachtoffer zijn geworden.

### **Beeldscherm beslisser**

#### *Overzicht branden*

Op het beeldscherm van de beslisser (zie Fig. 3) is een overzicht "branden" weergegeven. Het overzicht bevat een aantal kolommen waarin informatie via binnenkomende berichten van de waarnemer kan worden opgenomen over gebouwen, benodigde brandweerauto's, ingezette brandweerauto's en de tijdstap wanneer de melding heeft plaatsgevonden. Wanneer een gebouw niet in brand staat maar een dreiging heeft om in een bepaalde tijdstap te gaan branden, kan dit gebouw ook worden opgenomen in het overzicht. Door de button "verwijderen" aan te klikken kan men gebouwen die brand meester of afgebrand zijn uit het overzicht halen. Met behulp van het overzicht kan de beslisser de inzet van brandweerauto's bepalen. Het inzetten van middelen geschiedt met behulp van de "plus" en "min" button. Het aanklikken van de plus button betekent dat er één brandweerauto bij het desbetreffende gebouw moet worden ingezet. Door de min button aan te klikken kunnen brandweerauto's weer worden teruggehaald. Men kan het aantal auto's dat men wil inzetten wijzigen door de plus of min button meerdere keren aan te klikken. Pas als de klok het nulpunt is gepasseerd wordt de inzet definitief. Brandweerauto's die zijn ingezet zijn niet meteen op locatie. De auto's hebben tijd nodig voor het transport alvorens ze bij de brand aanwezig zijn. Deze transport tijd duurt één tijdstap en is ook in het overzicht opgenomen (kolom "transit"). Daaraan kan men zien hoeveel auto's onderweg zijn naar het desbetreffende gebouw. Wanneer de brandweerauto's eenmaal aanwezig zijn is dat op te maken uit de kolom "op locatie".

#### *Kazerne*

De beslisser heeft beschikking over zes brandweerauto's. In het venster "kazerne" links onder op het beeldscherm staat hoeveel auto's er beschikbaar zijn. Ook staat er aangegeven hoeveel auto's er in totaal onderweg zijn. Door het aanklikken van de button "naar mail" kan de beslisser de informatie met betrekking tot het aantal middelen dat beschikbaar is overbrengen naar het venster "verzenden berichten".



no name				
Branden				
Tijd	Gebouw	Transit	Op locatie	Inzet
0	fabriek A	0	x	x

**Verwijderen**

**Kazerne**

Beschikbaar: 0

Transit: 00

**Naar mail**

Tijd: 000

**Lezen berichten**

Tijd: 1 / 1

Gebouw:

Toestand:

Benodigd:

Gevaar:

Op locatie:

**Verwerken**

**Verzenden berichten**

Gebouw: fabriek A

Benodigd:

Op locatie: 0

**Versturen**

Fig. 3 Beeldscherm beslisser.

### *Klok*

De beslisser beschikt over een klok met dezelfde representatie van een tijdstap als de klok van de waarnemer.

### *Lezen berichten*

Rechtsboven op het beeldscherm in het venster "lezen berichten" kan de beslisser berichten ontvangen van de waarnemer. Het berichten venster bevat informatie om welk gebouw het gaat, of het gebouw in brand staat, hoeveel middelen er nodig zijn, of er gevaar dreigt en in welke tijdstap de dreiging het grootst is. Een vraagteken bij "op locatie" geeft te kennen dat de waarnemer, als verstuurder van het bericht, graag op de hoogte wil worden gebracht van de inzet op het desbetreffende gebouw. Door het aanklikken van de button "verwerken" kan de beslisser de informatie in het overzicht opnemen. Net zoals bij de waarnemer kan de beslisser zien of alle berichten op tijd zijn verwerkt en bijgehouden.

### *Verzenden berichten*

De beslisser heeft de mogelijkheid om berichten te maken en deze te versturen naar de waarnemer. Daartoe kan informatie over gebouwen uit het overzicht worden opgenomen in het venster "verzenden berichten" rechtsonder op het beeldscherm. Het venster bevat gestandaardiseerde berichten waarin de beslisser kan aangeven hoeveel middelen er bij een bepaald gebouw zijn ingezet. Zodra de beslisser een gebouw uit het overzicht heeft aangeklikt, is deze beschikbaar in het venster en kan het bericht worden verstuurd. Informatie over de hoeveelheid auto's die in de kazerne staan kan ook worden verstuurd. De beslisser kan de waarnemer ook vragen hoeveel middelen een gebouw nodig heeft. Door het aanklikken van de button "benodigd" verschijnt er een vraagteken dat duidelijk maakt dat de beslisser dat graag wil weten. Met het aanklikken van de button "versturen" kan een bericht naar de waarnemer verzonden worden.

### *Score*

Aan het eind van elk scenario verschijnt op het beeldscherm van de beslisser een venster met daarop de score van het desbetreffende scenario. Dit venster bevat dezelfde informatie als het venster van de waarnemer.

## **Communicatie tussen waarnemer en beslisser**

### *Waarnemer*

De waarnemer moet de beslisser op de hoogte houden van de situatie in de stad. De volgende informatie kan de waarnemer door middel van een bericht aan de beslisser verzenden:

- 1 De dreiging van gebouwen die gevaar lopen om in een bepaalde tijdstap te gaan branden. Omdat de beslisser op basis van deze informatie kan anticiperen op een toekomstige brand is dit een essentieel bericht. De beslisser kan de waarnemer niet om deze informatie vragen.
- 2 Het aantal middelen dat benodigd is bij een brand. Dit is een essentieel bericht omdat de beslisser met deze informatie de inzet van middelen kan bepalen. Dit is van belang bij het begin van de brand (wanneer de eerste inzet wordt bepaald), maar ook bij het verdere verloop van de brand wanneer een gebouw afhankelijk van de inzet met meer of minder middelen toe kan. De waarnemer kan de beslisser dan vertellen of er middelen overbodig zijn ingezet of dat er ergens middelen te kort komen. De beslisser kan de waarnemer vragen om de benodigde inzet van middelen.

Naast het geven van berichten kan de waarnemer ook vragen of er op een bepaalde locatie middelen aanwezig zijn.

### *Beslisser*

De beslisser kan de waarnemer op de hoogte houden van de hoogte van de inzet van de middelen. De volgende informatie kan de beslisser door middel van een bericht aan de waarnemer verzenden:

- 1 De toekenning van brandweerauto's aan bepaalde gebouwen. Dit is een essentieel bericht omdat de waarnemer dan kan controleren in hoeverre het aantal ingezette auto's voldoet aan het aantal benodigde auto's. De waarnemer kan de beslisser om deze informatie vragen.
- 2 Het aantal auto's dat in kazerne beschikbaar of onderweg is. Dit is voor de waarnemer geen essentieel bericht. De waarnemer kan de beslisser om deze informatie vragen.

Naast het geven van berichten kan de beslisser de waarnemer ook vragen hoeveel middelen er bij een bepaalde locatie nodig zijn.

### State Transition Diagram

Het beschrijven van de wijze waarop een brand zich ontwikkelt, gebeurt met behulp van een "State Transition Diagram" (STD). Uitgaande van een vaste set toestanden waarin een brand zich kan bevinden, beschrijft een dergelijk diagram de overgangen tussen de toestanden afhankelijk van het aantal ingezette middelen op dat moment. Tabel III is een voorbeeld van een vereenvoudigd STD.

Tabel III Vereenvoudigd State Transition Diagram.

		transitions	A	B	C	D	E
states	end	A	$\geq 0$	•	•	•	•
		B	$\geq 1$	•	0	•	•
	begin	C	•	$\geq 2$	1	0	•
		D	•	•	$\geq 3$	2	$\leq 1$
	end	E	•	•	•	•	$\geq 0$

De brand beschreven in Tabel III, kan zich in 5 toestanden bevinden (A tot en met E). Toestand C is de initiële toestand. De toestanden A en E zijn eindtoestanden. In het geval van A is een brand succesvol bedwongen, bij E is de brand uit de hand gelopen. In de matrix staan de mogelijke overgangen tussen de toestanden. In de rijen treft men de huidige toestand aan, de kolommen de volgende toestand. Bevindt een brand zich nu in toestand D en zijn er 3 auto's ingezet, dan zal C de volgende toestand zijn. Worden er echter geen middelen ingezet dan zal E de volgende toestand zijn en is het gebouw afgebrand. Door verschillende van dit soort diagrammen op te zetten, kan eenvoudig onderscheid worden gemaakt tussen felle en rustige branden.

Gedurende één tijdstap blijven gebouwen die eenmaal branden in dezelfde toestand steken. In elke volgende tijdstap wordt de situatie van de brand geëvalueerd en wordt er bekeken hoeveel middelen er aanwezig zijn. Afhankelijk van de inzet van deze middelen wordt de toestand van de brand opnieuw bepaald. Steeds als er een nieuwe tijdstap aanbreekt worden de toestanden van de branden in de stad geactualiseerd door het systeem aan de hand van de inzet van auto's op branden. Het is bijvoorbeeld mogelijk dat de toestand van een brand bij aanvang van een nieuwe tijdstap zodanig is verergerd dat er meer brandweerauto's benodigd zijn. Ook wordt bij aanvang van een nieuwe tijdstap doorgerekend wat de effecten van de ingezette auto's op de branden zijn. In de volgende paragraaf wordt het gebruik van een STD nader beschreven met behulp van een voorbeeld. Dit betreft een brand in een ziekenhuis.

### Voorbeeld gebruik STD van een ziekenhuis

In tijdstap 12 begint een brand in een ziekenhuis. Wanneer een gebouw begint te branden bevindt het zich in de initiële toestand E. Het team besluit om 5 beschikbare brandweer-auto's in te zetten. In tijdstap 13 zijn deze auto's vervolgens op transport. In Tabel IV kan men uit de STD lezen dat wanneer er geen middelen worden toegekend de toestand van de brand verschuift van E naar F.

**Tabel IV State Transition Diagram van ziekenhuis.**

		transitions	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
states	end	A	$\geq 0$	•	•	•	•	•	•	•	•	•
		B	$\geq 1$	•	0	•	•	•	•	•	•	•
		C	•	$\geq 4$	3	2	1	0	•	•	•	•
		D	•	•	$\geq 5$	4	3	2	1	0	•	•
	begin	E	•	•	•	$\geq 5$	4	$\leq 3$	•	•	•	•
		F	•	•	•	•	$\geq 5$	•	4	$\leq 3$	•	•
		G	•	•	•	•	•	$\geq 5$	•	4	$\leq 3$	•
		H	•	•	•	•	•	•	$\geq 5$	•	$\leq 4$	•
		I	•	•	•	•	•	•	•	$\geq 5$	•	$\leq 4$
		end	J	•	•	•	•	•	•	•	•	•

De brand wordt in tijdstap 13 geëvalueerd. Omdat de brandweerauto's nog op transport zijn en niet bij het ziekenhuis aanwezig zijn, is de toestand van de brand verslechterd naar toestand F. In de volgende tijdstap (tijdstap 14) zijn de benodigde brandweerauto's bij het ziekenhuis op locatie. Door de aanwezigheid van 5 brandweerauto's verbetert de toestand van de brand zich naar toestand E. Zolang de inzet van de brandweerauto's voldoende blijft, zal de brand zich met elke tijdstap verbeteren richting toestand A zodat de brand meester is. Uit de STD blijkt ook dat wanneer de brand in het ziekenhuis eenmaal toestand B heeft bereikt er in plaats van 5 auto's slechts 1 brandweerauto nodig is. Met behulp van een STD is men in staat een brand te beschrijven in verschillende discrete toestanden en het verloop te bepalen afhankelijk van de inzet van brandweerauto's. In appendix B wordt een overzicht gegeven van de verschillende STD's die een beschrijving geven van de toestanden van de branden van de verschillende gebouwen in de stad.









## BIJLAGE C      Toetsen oplossing

Om de prestatie maat “percentage slachtoffers” te kunnen relateren aan een ideale oplossing is er gekeken naar wat de beste oplossing zou kunnen zijn. Dat is op twee manieren gedaan:

- 1 Met behulp van een computerprogramma is de meest optimale inzet van auto's bepaald. Met een “brute force” methode konden alle mogelijke inzetten, gegeven de calamiteiten, worden vergeleken. De toewijzing van auto's aan branden die resulteert in het kleinste aantal slachtoffers is als beste oplossing gekozen. Op deze wijze is bepaald of de oplossing die de teams hebben gekozen ook normatief de beste oplossing is. Een uitgebreide beschrijving over de brute force methode is te vinden in het rapport “Besluitvorming in teams: een onderzoeksparadigma” (Schraagen, 1995).
- 2 Er zijn een aantal strategieën ontwikkeld die de beslisser ten aanzien van de brandweertask zou kunnen gebruiken. Deze zijn met behulp van het systeem getest. Hierbij heeft een menselijke beslisser consequent dezelfde strategie gespeeld op alle scenario's waarbij het systeem de rol van waarnemer speelde. Door het percentage slachtoffers met elkaar te vergelijken is nagegaan welke strategie de minste aantallen slachtoffers heeft opgeleverd. In de volgende alinea's wordt een beschrijving van deze strategieën gegeven.

### *Basis-strategie*

Zodra de beslisser een bericht krijgt van een brand wordt het benodigd aantal middelen ingezet. Bij een tekort aan brandweerauto's worden de auto's weggenomen bij gebouwen met de laagste prioriteit omdat die de minste slachtoffers eisen. Wanneer er auto's moeten worden weggenomen en er een keuze gemaakt moet worden tussen gebouwen met dezelfde prioriteit, dan worden auto's weggenomen bij de meest recente melding. De brand die het langste wordt geblust is immers het eerste geblust. Gebouwen met het grootste aantal slachtoffers krijgen altijd alle benodigde middelen toegewezen. Gevaarmeldingen worden genegeerd. Er wordt dus niet geanticipeerd op eventuele toekomstige branden.

### *Negeer-huizen-strategie*

Deze strategie wordt uitgevoerd volgens de basis-strategie met dien verstande dat meldingen van huizen worden genegeerd en niet worden verwerkt. Er worden geen brandweerauto's toegewezen aan huizen. De reden hiervoor is dat huizen een lage prioriteit hebben en in complexe situaties teveel aandacht kunnen vragen.

### *Anticipatie-strategie*

Deze strategie maakt ook gebruik van de basis-strategie met dat verschil dat er gebruik wordt gemaakt van de gevaarmeldingen. Door op grond van de gevaarmeldingen op voorhand middelen toe te kennen, kunnen er (nog voordat de brand uitbreekt) brandweerauto's aanwezig zijn. Als de brand dan daadwerkelijk een feit is, kan er eerder worden begonnen met blussen. Omdat 1 op de 5 gevaarmeldingen echter loos alarm is kan het gebeuren dat brandweerauto's voor niets worden ingezet.

### *Verdeel-strategie*

Bij deze strategie worden middelen ingezet zoals de basis-strategie. Is er echter een tekort aan auto's, dan worden deze verdeeld over de gebouwen die in brand staan. Bij grote gebouwen wordt niet het benodigde aantal brandweerauto's ingezet maar één auto minder. Deze kan men gebruiken om kleine gebouwen elders te blussen. Zodra dat is gebeurt kunnen de auto's weer terug worden gebracht. Gevaarmeldingen worden genegeerd.

### *Voorzorg-strategie*

Deze strategie werkt precies hetzelfde als de basis-strategie alleen wordt er (indien mogelijk) één brandweerauto meer ingezet dan benodigd. Er wordt dan geanticipeerd op de mogelijkheid dat de brand erger wordt en meer auto's nodig zijn. Gevaarmeldingen worden genegeerd.

## **Resultaten**

In Tabel V staan de uitkomsten van de normatieve analyse, de consequent gespeelde strategieën en de resultaten die de proefpersonen haalden vermeld.

Tabel V Percentage mogelijke slachtoffers dat is gered per scenario (\*=moeilijk scenario) en per type strategie.

type ► strategie scenario	normatief	basis	negeer huizen	anticipatie	voorzorg	proefper- sonen
1	100	83	83	84	83	70
2	100	95	98	100	98	95
3*	96	77	77	77	77	57
4*	96	38	38	96	38	49
5	100	97	99	99	99	81
6	100	100	100	100	100	97
7*	99	93	93	93	63	77
8*	99	50	51	85	45	59
gemiddeld	98.75	79.12	79.87	91.75	75.37	73.12

De normatieve aanpak met behulp van de brute force methode heeft aangetoond dat het dankzij een zeer efficiënte toewijzing van brandweerauto's mogelijk is om nagenoeg geen slachtoffers te laten vallen. De gemakkelijke scenario's konden allemaal zonder slachtoffers

worden gespeeld. De moeilijke scenario's konden met gemiddeld 2.5% slachtoffers worden gespeeld. Voor de menselijke beslisser is dat echter niet haalbaar omdat mensen niet weten welke calamiteiten zich op ieder tijdstip gaan voordoen, terwijl de brute force methode wel over deze kennis beschikt. Wel is het mogelijk dat mensen één van de bovenstaande strategieën gebruiken. Wanneer daar gebruik van wordt gemaakt blijkt dat de anticipatie-strategie het minste aantal slachtoffers (gemiddeld 8%) en dus de hoogste score oplevert. De twee best presterende teams maakten gebruik van deze strategie en kwamen tot gemiddeld 14% slachtoffers. Met name in complexe scenario's levert het anticiperen op gevaar een voordeel op. De verschillen tussen de overige strategieën zijn relatief klein (basisstrategie gemiddeld 21% slachtoffers; negeer huizen strategie gemiddeld 20% slachtoffers; voorzorg-strategie gemiddeld 25% slachtoffers). Ter vergelijking: de proefpersonen scoorden gemiddeld over scenario's en over condities 27% slachtoffers.

# REPORT DOCUMENTATION PAGE

1. DEFENCE REPORT NUMBER (MOD-NL) TD 9.-..	2. RECIPIENT'S ACCESSION NUMBER	3. PERFORMING ORGANIZATION REPORT NUMBER TNO-TM 1995 B-17
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO. 787.2	5. CONTRACT NUMBER B94-011	6. REPORT DATE 22 December 1995
7. NUMBER OF PAGES 40	8. NUMBER OF REFERENCES 21	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Gemeenschappelijke mentale modellen en teambesluitvorming (Shared mental models and team decision making)		
11. AUTHOR(S) J.M.C. Schraagen and P.C. Rasker		
12. PERFORMING ORGANIZATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Human Factors Research Institute Kampweg 5 3769 DE SOESTERBERG		
13. SPONSORING/MONITORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Defence Research Schoemakerstraat 97 2628 VK Delft		
14. SUPPLEMENTARY NOTES		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS, 1044 BYTE)  The goal of the experiment described in this report was to assess possible effects of the possession of a shared mental model on team decision making. Cross-training in each other's tasks was chosen in the experiment as the means to induce a shared mental model. The effects of cross-training were studied in a two-person team task. In this task, one of the team members acted as observer who had to detect and report fires in a city to the other team member who acted as decision maker by sending fire engines to the fires. Team members communicated via standard computer messages. Dependent variables were performance measures (number of victims, efficiency of allocated resources) and communication measures (number and type of messages sent). The results showed some effects of cross-training but not the predicted effect of sending more unrequested information to the other team member. This was probably due to the observer being not dependent enough of the decision maker for performing his task. Some suggestions are made to improve the paradigm and obtain more mutual dependence with the team members.		
16. DESCRIPTORS  Command & Control Decision Making		IDENTIFIERS  Communication Mental Models Teams
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT)	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE)	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT)
18. DISTRIBUTION/AVAILABILITY STATEMENT  Unlimited availability		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES)

## VERZENDLIJST

1. Directeur M&P DO
2. Directie Wetenschappelijk Onderzoek en Ontwikkeling Defensie
- Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
3. {  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KL
4. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KLu
- Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
5. {  
Plv. Hoofd Wetenschappelijk Onderzoek KM
- 6, 7, 8. Hoofd van het Wetensch. en Techn. Doc.- en Inform.  
Centrum voor de Krijgsmacht

Extra exemplaren van dit rapport kunnen worden aangevraagd door tussenkomst van de HWOs of de DWO.